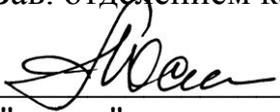


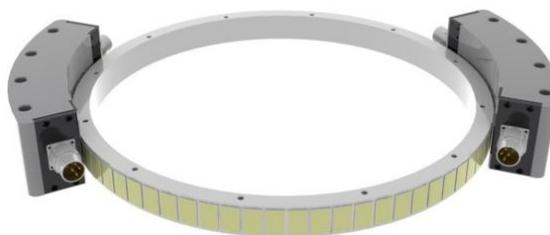
Министерство образования и науки российской федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)**

Утверждаю
Зав. отделением каф. ЮНЕСКО

 Ю.М. Осипов
" " _____ 2012 г.

ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ

Методические указания к лабораторным занятиям
по дисциплине **«Проблемы испытания электромехатронных систем движе-
ния»** для магистрантов 6 курса, обучающихся по направлению 221000.68 "Ме-
хатроника и робототехника" по магистерской программе "Проектирование и
исследование мультикоординатных электромехатронных систем движения"



Томск 2012

УДК 621.396.6.671.7

Испытания электромехатронных систем: методические указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Проблемы испытания электромехатронных систем движения» для магистрантов 6 курса, обучающихся по направлению 221000.68 "Мехатроника и робототехника" по магистерской программе "Проектирование и исследование мультикоординатных электромехатронных систем движения". – Томск: Изд-во ТУСУР, 2012. – 23 с.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром отделения кафедры ЮНЕСКО «27» марта 2012 г.

Составитель к.т.н., доц.



С.В. Щербинин

Зав. кафедрой ОКЮ
доктор техн. наук,
доктор экон. наук,
профессор



Ю.М. Осипов

Рецензент

Кандидат технических наук,
доцент кафедры МИГ ЮТИ ТПУ
И.Ф. Боровиков

Лабораторная работа № 1

Исследование точностных характеристик мультикоординатной электромехатронной системы движения при ее работе в составе лазерного технологического комплекса

1. Общие вопросы

Ознакомиться с описанием соответствующей лабораторной работы и установить, в чем состоит ее основная цель и задача.

Изучить теоретический материал, относящийся к данной лабораторной работе, по лекционному курсу и соответствующим литературным источникам.

До проведения лабораторных работ выполнить подготовку, содержащую: схемы, таблицы измерений и расчетные формулы, порядок выполнения.

2. Цель работы

Изучение принципов функционирования устройств многокоординатной мехатроники на примере четырехкоординатного манипулятора со сферическим электромеханизмом.

3. Требования к выполнению лабораторных работ

К выполнению лабораторной работы допускаются только подготовившиеся к этой работе студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности.

Перед началом работы ознакомиться с электрическим оборудованием и измерительными приборами, предназначенными для проведения лабораторной работы.

Запись показаний приборов в процессе выполнения лабораторной работы следует проводить по возможности одновременно и быстро, строго соблюдая при этом правила эксплуатации измерительных средств.

Результаты измерений заносятся каждым студентом в отчет.

После выполнения лабораторной работы результаты предъявляются для проверки преподавателю.

После окончания работы в лаборатории рабочее место должно быть приведено в надлежащий порядок.

В течение всего времени занятий в лаборатории студенты обязаны находиться на своих рабочих местах. Выходить из помещения лаборатории во время занятий студенты могут только с разрешения преподавателя.

4. Требования к отчетам по лабораторным работам

При составлении отчета по лабораторной работе необходимо руководствоваться следующими положениями:

- в отчете должны быть указаны порядковый номер и название лабораторной работы, а также кратко сформулирована цель работы;
- схемы и графики должны быть выполнены на персональном компьютере.

Студенты, не предъявившие в начале лабораторного занятия оформленного отчета по предыдущей работе, к выполнению следующей не допускаются.

5. Методические указания к работе

Манипулятор – механизм для управления пространственным положением орудий, объектов труда и конструктивных узлов и элементов. Это значение закрепилось за словом с середины XX века, благодаря применению сложных механизмов для манипулирования опасными объектами в атомной промышленности. Основу манипуляторов составляют пространственные механизмы со многими степенями свободы. Манипуляторы выполняют работы в средах, недоступных или опасных для человека, а также выполняют вспомогательные работы в промышленном производстве.

Предшественниками современных манипуляторов были различного рода устройства для манипулирования объектами на расстоянии, непосредственный контакт человека с которыми был опасен или невозможен. Это манипуляторы с ручным или автоматизированным управлением. Первые из них были пассивными, т.е. без приводов, и служащими для повторения движений руки человека целиком за счет его мускульной силы. Затем были созданы манипуляторы с приводами и различными вариантами управления.

На сегодняшний день промышленные манипуляторы являются одним из основных средств автоматизации технологических процессов. С каждым годом более 100 тыс. манипуляторов внедряются в различные отрасли промышленности, где им находят все большее и большее применение.

С точки зрения механики большинство манипуляторов относится к одной из следующих категорий:

- манипуляторы, работающие в декартовой системе координат;
- манипуляторы, работающие в цилиндрической системе координат;
- манипуляторы, работающие в сферической, или полярной системе координат;
- манипуляторы с поворотными шарнирами;
- многозвенные манипуляторы.

Исследуемый в данной лабораторной работе манипулятор работает в сферической системе координат и предназначен для манипулирования изделиями со сложными криволинейными поверхностями при их лазерной обработке.

Преимущества манипуляторов, работающих в сферической системе координат:

наименьший вес и минимальная сложность конструкции;
малые движения в сочленениях при выполнении многих движений;
совместимость с другими манипуляторами и оборудованием в общей рабочей области;

хорошее разрешение из-за того, что ошибки позиционирования направлены перпендикулярно друг другу.

Недостатки:

- значительные переменные моменты во втором и третьем сочленениях исполнительного механизма, что приводит к необходимости решения задачи их сбалансирования;

- ограниченная способность избегать столкновений с препятствиями

- ошибка позиционирования пропорциональна радиусу и велика из-за использования вращательных движений.

Среди недостатков указанных для сферического типа, ошибка позиционирования связанная с радиальным перемещением и значительные переменные моменты могут быть решены за счет применения новых типов приводов без применения редукторов и изменения конструкции манипулятора. Кроме того применение современных способов управления с применением оптимизации траекторий движения звеньев по первой и второй производной, позволяет звеньям манипулятора совершать более плавные перемещения.

На сегодняшний день многокоординатные манипуляторы (ММ) на основе линейных электромехатронных модулей движения (ЛЭМД) и дуговых электромехатронных модулей движения (ДЭМД) являются сравнительно новым типом устройств многокоординатной электромехатроники. Они содержат n твердых тел (звеньев), связанных поступательными или вращательными сочленениями, представляют собой пространственные электромеханизмы с несколькими степенями подвижности для осуществления перемещения рабочего органа или изделия в стационарной и/или нестационарной технологической среде. Несущие звенья пространственного механизма скомпонованы таким образом, чтобы обеспечить уравнивание (балансировку) подвижных звеньев, кинематическую развязку их движений и управляемость системы.

ДЭМД представляет собой электропривод прямого действия, включающий (рис. 1):

1) дуговые сегментные электродвигатели синхронного типа – дуговой элемент-ротор из магнитомягкого материала 1 с постоянными магнитами 2, оси намагниченности которых ориентированы перпендикулярно дуговым поверхностям ротора, а направления намагниченности чередуются, дуговой сегментный индуктор с трехфазной обмоткой 3 с шарикоподшипниковыми опорами 4 и инкрементальным датчиком 5;

2) систему управления с инкрементальным датчиком положения, выполняющую следующие функции: поддержание и оперативное управление

скоростью; линейную и круговую интерполяцию; сплайновую интерполяцию при обработке криволинейной траектории произвольной сложности. Для достижения высоких динамических и точностных характеристик электропривода на базе ДЭМД в системе управления реализовано электрическое дробление шагового интервала в сочетании с обратными связями.

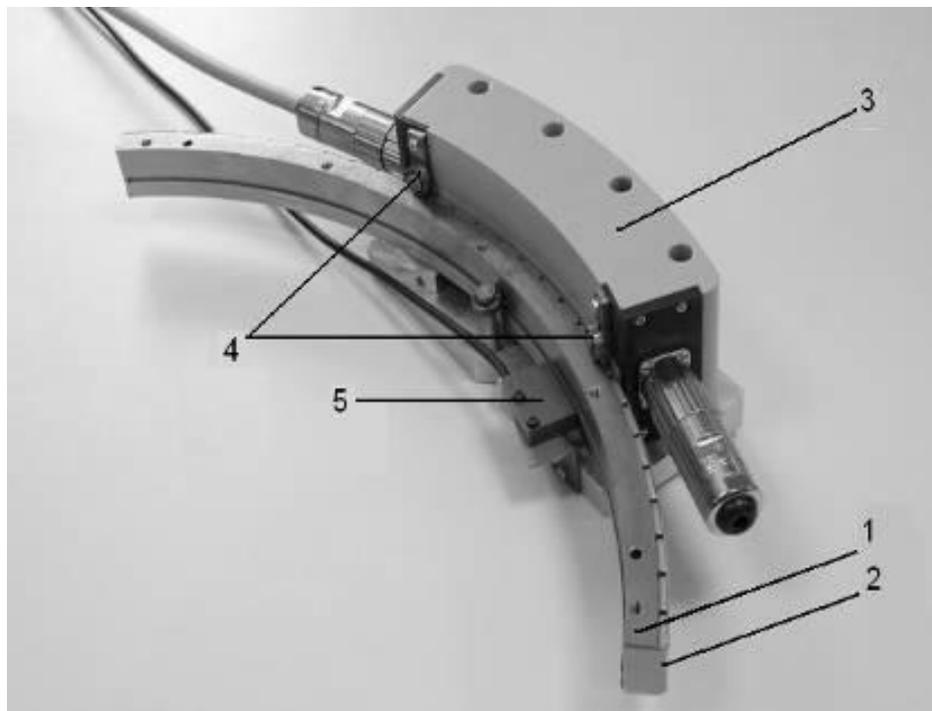


Рис. 1. Общий вид ДЭМД

Лазерный технологический комплекс (рис. 2) с лазером БетаМарк-2000 и манипулятор-платформой, по патенту РФ № 2093344, осуществляющий три возвратно-поворотных и одно линейное вертикальное движения, предназначен для резки, сварки, наплавки, упрочнения поверхностей, гравировки изделий сложной конфигурации из металла, керамики, пластмасс и других материалов.



Рис. 2. Лазерный технологический комплекс с четырехкоординатным манипулятором

Технические характеристики ММ (рис. 3):

- 1) грузоподъемность рабочего стола до 10 кг;
- 2) перемещение рабочего стола: возвратно-поворотные движения – вокруг осей XU с углами прокачки $\theta, \psi - \pm 25^\circ$, вокруг оси Z – с углами прокачки $\pm 180^\circ$; скорость прокачки от «ползучей» до $10^\circ/\text{с}$; точность позиционирования $\pm 0,05$ мм на дуге радиусом 250 мм; линейное перемещение вдоль оси Z – 100 мм; скорость вертикального хода от «ползучей» до 200 мм/с; точность позиционирования $\pm 0,05$ мм;

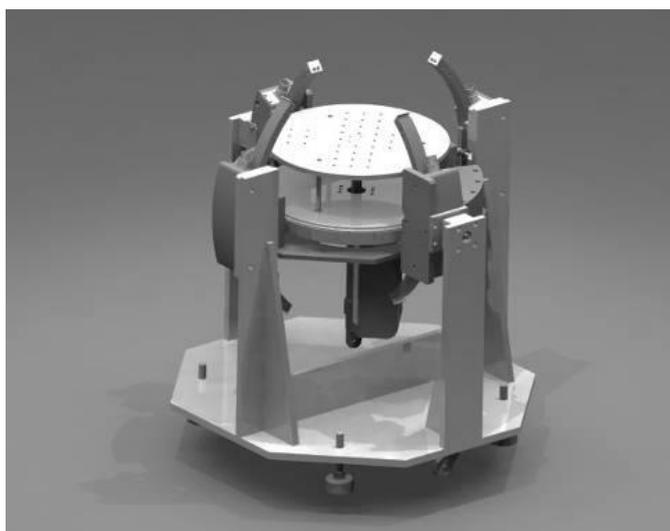


Рис.3. Общий вид 3D-модели 4-х координатного манипулятора

- 3) повторяемость геометрии перемещения по всей рабочей зоне

$\pm (0,05 \div 0,1)$ мм;

4) устройство управления обеспечивает: синхронизацию скорости перемещения изделия со скоростью прогрева, удаления (или наплавления) материала лазерным лучом; перемещение изделия в фокальной плоскости оптической линзы, т.е. перпендикулярность поверхности обрабатываемого изделия лазерному лучу;

5) манипулятор может устанавливаться на автоматизированном 2-х координатном столе, рабочая платформа которого, перемещающаяся в горизонтальной плоскости, синхронизируется с движениями рабочего стола ММ.

6. Задание к лабораторной работе.

6.1. Изучить теоретические сведения об устройстве и принципе работы многокоординатного манипулятора.

6.2. Ознакомиться с базовыми командами языка *QLCDrive* и настройками программы *DSPHost*.

6.3. Изучить правила эксплуатации лазерной установки Бета-МАРК-2000, порядок ее включения и выключения.

6.4. Нанести точечные отметки и траектории на поверхность детали при помощи лазера.

6.5. По полученным картинкам оценить повторяемость выхода РО манипулятора в заданные точки и отработки траекторий.

6.6. Обработать полученные данные, составить отчет по лабораторной работе.

7. Порядок выполнения работы.

Экспериментальная оценка повторяемости перемещения РО ММ осуществляется следующим образом.

1. Производят взаимное позиционирование ММ и лазерной установки БетаМарк 2000, при этом добиваются горизонтального положения неподвижного основания ММ, после чего при помощи регулируемых по высоте ножек устанавливают такое положение, при котором плоскость рабочего стола ММ находится на таком расстоянии от излучающей головки лазера, при котором точка фокуса луча лазера лежит на поверхности рабочего стола.

2. Кратковременно включают лазерное излучение, чтобы получить отметку на поверхности рабочего стола ММ. Перемещением ММ добиваются совпадения точки падения лазерного луча и центра вращения рабочего стола.

3. Устанавливают рабочий стол в горизонтальное положение, параллельно основанию ММ. Помещают в центр рабочего стола металлический шар, подлежащий обработке (рис. 4).

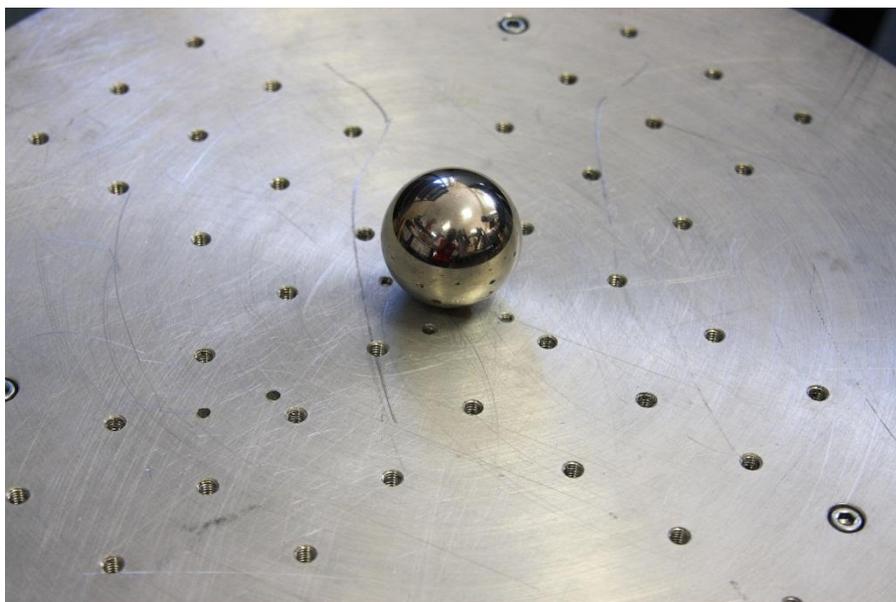


Рис. 4. Сферическая деталь, подлежащая лазерной обработке на рабочем столе ММ.

4. После того, как деталь помещена на рабочий стол его опускают вниз на расстояние, равное высоте детали (в данном случае диаметру шара). Таким образом, добиваются, чтобы точка фокуса луча лазера лежала на поверхности детали, подлежащей обработке.

5. После того, как взаимное позиционирование ММ и ЛТК завершено (рис.5), включают электроприводы сферического электромеханизма ММ в режиме разомкнутого управления при помощи команд $SU FX 2$, $FY 2$. Кратковременно включают лазерное излучение, при этом на поверхности детали образуется отметка в виде точки. Согласно техническим характеристикам оптического тракта лазерной установки БетаМАРК 2000 диаметр пятна лазера в плоскости фокусировки составляет 0,05 мм. Таким образом, при воздействии единичного импульса получаем на поверхности детали точку в виде круга диаметром 0,05 мм.

6. Для проверки точности отработки ММ установленных движений задают перемещения рабочего стола так, чтобы обеспечить нормальное падение лазерного луча на поверхность детали последовательно в точках, обозначенных на рис. 6. При каждом выходе в точку производят отметку на поверхности детали при помощи лазерного импульса. При этом для выхода в точку 1 (рис.6) необходимо задать следующие перемещения: по координате $X -15^\circ$; по координате $Y 0^\circ$, для выхода в точку 1': $X -30^\circ$, $Y 0^\circ$ и т.д. Осуществляют выход в каждую точку не менее 20 раз, производя отметки при каждом повторении перемещения. При этом осуществляют последовательный переход между точками, лежащими в разных квадрантах (рис. 6).

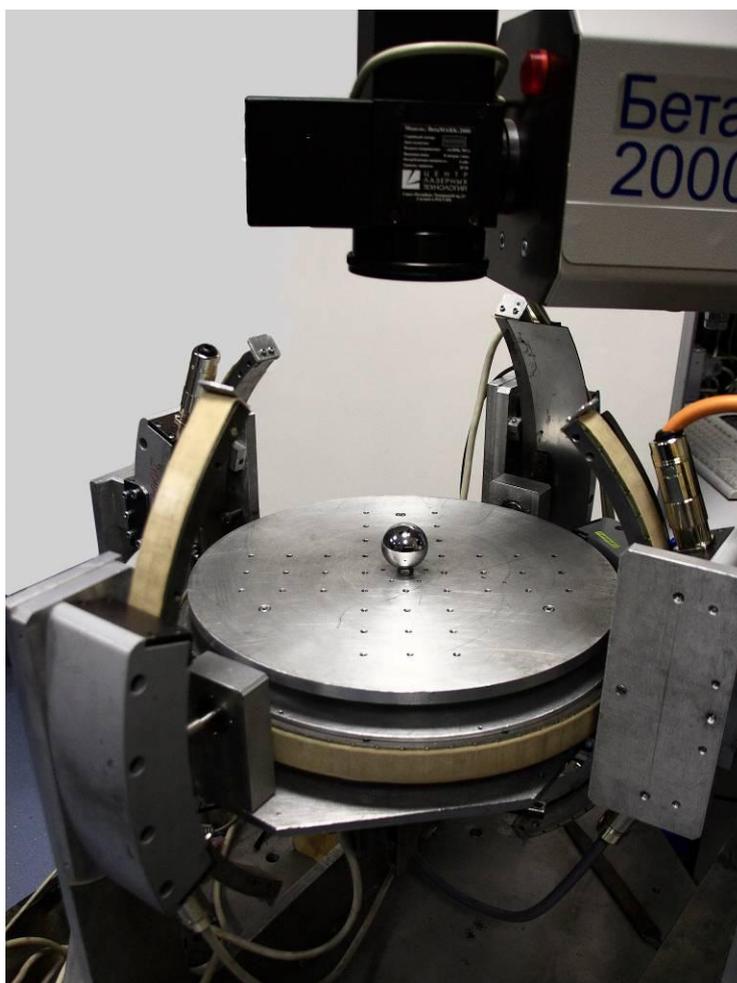


Рис.6. ММ в составе ЛТК

7. После того как был произведен выход в каждую точку не менее 20 раз деталь снимают с рабочего стола и производят замер каждой отметки на поверхности шара при помощи микроскопа со встроенной измерительной шкалой. На основании картины распределения отметок на поверхности шара определяют величину повторяемости выхода рабочего стола ММ в заданную точку по всем четырем квадрантам.

8. Для оценки точности отработки траекторий, позиционируют шар на рабочем столе ММ по описанному выше алгоритму. Включают электроприводы ММ в режиме разомкнутого управления, и переводят рабочий стол в положение с координатами $X = -30^\circ$; $Y=0^\circ$. Включают излучение лазера и, не выключая его, переводят рабочий стол в положение с координатами $X = 30^\circ$; $Y=0^\circ$. При этом на поверхности шара остается траектория, начерченная лазером. Далее выполняют перемещения РО ММ в соответствии с алгоритмом, представленным в табл. 1. Выполняют алгоритм (табл.1) не менее 20 раз, после чего производят визуальную оценку точности нанесения траекторий на шаре и замер их ширины при помощи микроскопа со встроенной измерительной шкалой.

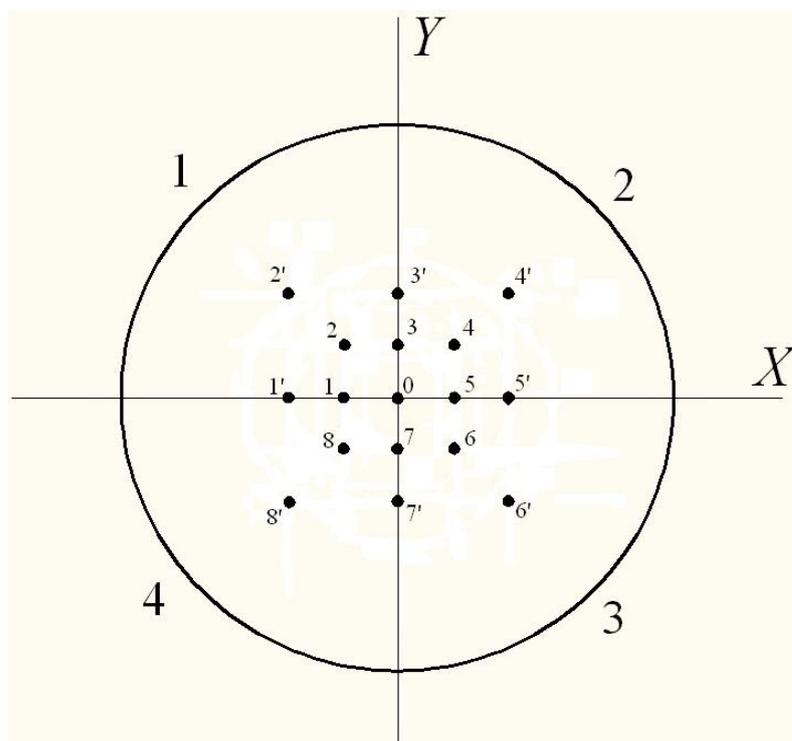


Рис. 7. Сферическая поверхность с отмеченными точками выхода (вид сверху)

9. Результаты измерений необходимо обработать, все измерения должны быть представлены в отчете по лабораторной работе

10. Сделать выводы по результатам проведенного эксперимента.

Таблица 1 - Алгоритм перемещения РО ММ при исследовании повторяемости отработки траекторий

№ п/п	Координаты начальной точки	Координаты конечной точки	Излучение лазера
1	$X = -30^\circ; Y = 0^\circ$	$X = 30^\circ; Y = 0^\circ$	Вкл.
2	$X = 30^\circ; Y = 0^\circ$	$X = 0^\circ; Y = 30^\circ$	Выкл.
3	$X = 0^\circ; Y = 30^\circ$	$X = 0^\circ; Y = -30^\circ$	Вкл.
4	$X = 0^\circ; Y = -30^\circ$	$X = 30^\circ; Y = -30^\circ$	Выкл.
5	$X = 30^\circ; Y = -30^\circ$	$X = -30^\circ; Y = 30^\circ$	Вкл.
6	$X = -30^\circ; Y = 30^\circ$	$X = -30^\circ; Y = -30^\circ$	Выкл.
7	$X = -30^\circ; Y = -30^\circ$	$X = 30^\circ; Y = 30^\circ$	Вкл.
8	$X = 30^\circ; Y = 30^\circ$	$X = -30^\circ; Y = 0^\circ$	Выкл.

8. Контрольные вопросы

- 8.1. Что называют манипулятором?
- 8.2. В каких системах координат могут работать существующие типы манипуляторов?
- 8.3. В чем преимущества манипуляторов, работающих в сферической системе координат?
- 8.4. В какой системе координат работает исследуемый манипулятор?
- 8.5. Какие преимущества дает использование электропривода прямого действия в структуре манипулятора?
- 8.6. Объясните устройство и принцип действия дугового электромехатронного модуля движения.
- 8.7. Назовите технические характеристики исследуемого манипулятора.
- 8.8. Назовите этапы взаимного позиционирования манипулятора и лазерной установки.
- 8.9. Перечислите основные правила техники безопасности при работе с лазерной установкой.
- 8.10. Назовите порядок включения и выключения лазерной установки Бета-Марк 2000.

Лабораторная работа № 2.

Подготовка управляющих кодов для лазерной гравировки

1. Общие вопросы

Дисциплина «Проблемы испытания электромехатронных систем движения» включает изучение создания и эксплуатации машин и систем с компьютерным управлением движения, которая базируется на знаниях в области механики, электроники и микропроцессорной техники, информатики и компьютерного управления движением машин и агрегатов.

В процессе изучения дисциплины приобретаются знания управления мехатронными системами на примере многокоординатного манипулятора, а также навыки программирования. Данное пособие включает материалы, необходимые для организации самостоятельных работ при дистанционной технологии изучения дисциплины.

Лабораторные задания будут проводиться на примере работы с лазерно-технологическим комплексом, включающим в себя многокоординатный манипулятор (ММ), созданный на основе дуговых и линейных электромехатронных модулях движения и лазерную установку (Бета МАРК 2000), предназначенную для гравировки и резки на поверхностях материалов (рис. 1).

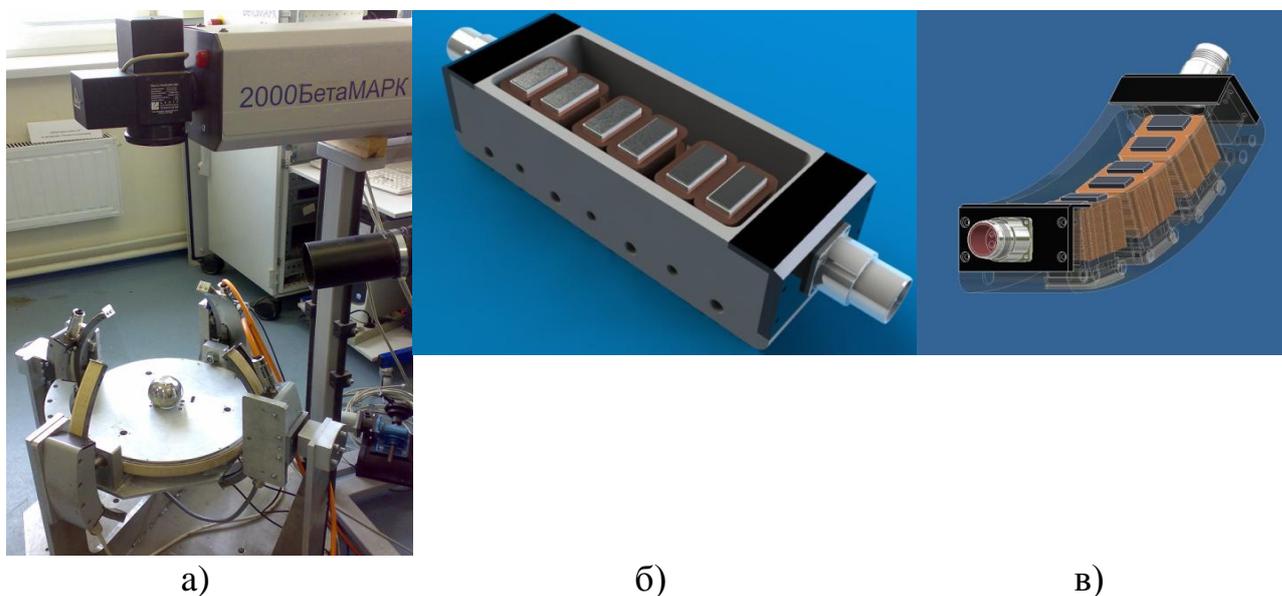


Рис. 1. Многокоординатный манипулятор (а), ДЭМД (б), ЛЭМД (в)

Манипулятор имеет 4 степени подвижности, лазер – 2 степени. В лаборатории разработано программное обеспечение для совместной работы лазера и манипулятора, таким образом можно выполнять гравировку изображений на поверхностях изделий гомеоморфных сфере.

Процесс гравировки изображений на изделиях с использованием лазерно-технологического комплекса осуществляется в несколько этапов:

Подготовка изображения в редакторе
Подготовка или выбор цифровой формы изделия
Используя программное обеспечение для лазерного комплекса открыть файлы изображения и формы, осуществить наложение и запустить процесс гравировки.

2. Техника безопасности при работе с оборудованием

Для избегания травм при работе с лазерным комплексом следует соблюдать несколько правил техники безопасности.

1. При работе лазера нельзя наблюдать свечение лазера на поверхности материалов без специальных защитных очков.
2. Запрещается подносить конечности в рабочую область лазера.
3. Категорически не рекомендуется дышать дымом, который образуется при обработке лазерным лучом поверхностей разных материалов.
4. Следует избегать близости к лазеру во время его работы, удаляться на расстояние больше фокусного, т.к. лазерный луч может отражаться от поверхностей изделий.
5. При сбое в работе лазера воспользоваться кнопкой аварийного выключения лазерной установки, расположенной на передней панели излучателя (красного цвета), что приведет к быстрому выключению лазерной установки.
6. Также при работе с ММ запрещено подносить конечности в его рабочую область.

3. Подготовка к работе с оборудованием

Перед тем как приступить к конечному процессу гравировки необходимо включить и настроить оборудование.

Подготовка ММ к работе (рис. 2):

1. Подключение ДЭМД и ЛЭМД ММ к системе управления (2 провода от двигателей с 12-ю контактами в разъемы на задней панели блока управления).
2. Подключение датчиков обратной связи (провод от датчиков в разъем на передней панели).
3. Подключение информационного кабеля (COM-разъем на передней панели, второй конец кабеля в компьютер).
4. Подключение питания к системе управления (кабель 220 В).
5. Включение системы управления (кнопка на панели).

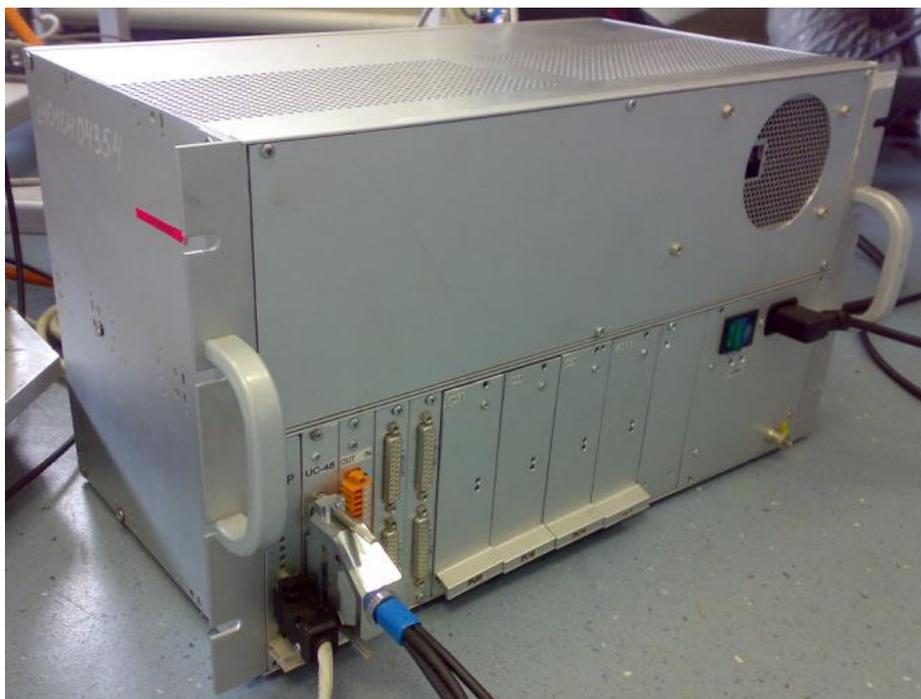


Рис. 3. Система управления LSMC-4

Подготовка лазерной установки (рис.4):

1. Снять защитную крышку с кожуха лазера.
2. Включение вытяжки.
3. В блоке управления лазером повернуть переключатель питания по часовой стрелке в положение «ON».
4. Вращать ключ по часовой стрелке.
5. Нажать кнопку «ПУСК».
6. Перевести переключатель лазерной подсветки в положение «1».

4. Цель работы

Целью работы является следующее - используя эксплуатационное описание к системе управления LSMC-4 ознакомиться с основными возможностями управления ДЭМД и ЛЭМД.



Рис. 4. Блок управления лазерной установки

5. Задание

Для начала необходимо ознакомиться с программным обеспечением для лазерного комплекса. После того как выполнены все действия по подключению системы управления, во вкладке «Манипулятор» нужно выбрать номер COM-порта компьютера, к которому подключена система управления LSMC-4, и организовать программное соединение (кнопка «Соединение»). При включении системы управления в окно программы придет строка отклика от LSMC. Для передачи данных с компьютера в LSMC нужно в поле отправки написать текстовые команды и нажать «Начать».

Для дальнейшей работы с ММ потребуются знания и синтаксис языка команд для LSMC, используя документацию следует ознакомиться со следующими командами:

1. Команды фиксации/расфиксации двигателей, поиск меток
2. Абсолютное и относительное перемещение
3. Управление очередью команд
4. Установка скорости и ускорения движения
5. Получение данных о текущей скорости и местоположении
6. Обработка ошибок
7. Управления траекторной скоростью

6. Методические указания

6.1. Использование программного обеспечения для лазерного комплекса

Разработанное программное обеспечение (рис. 5) для лазерного комплекса сочетает в себе большую функциональность и понятный интерфейс.

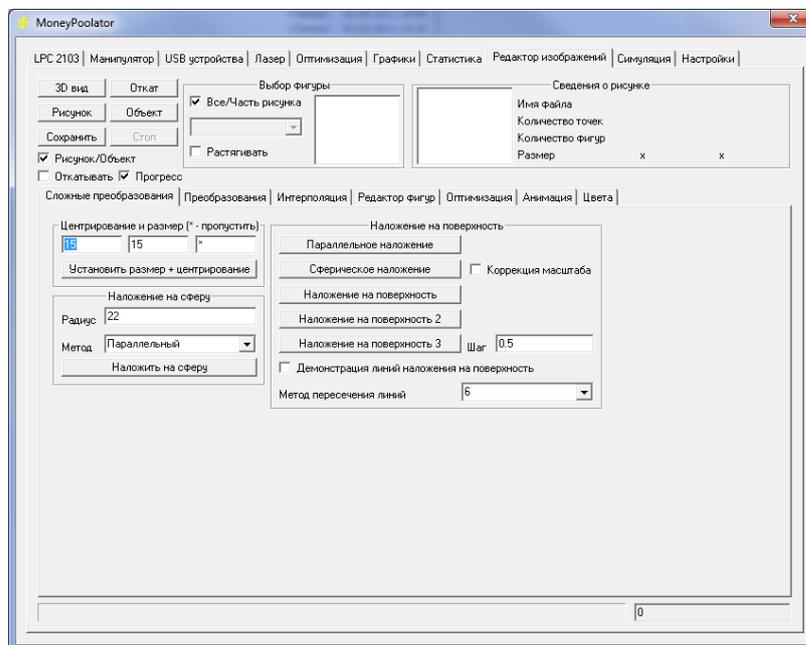


Рис. 5. Программа для лазерного комплекса

В верхней части программы слева-направо находятся закладки, которые различаются своим функциональным назначением.

Первые четыре вкладки отвечают за работу с аппаратной частью.

- LPC2103 – вкладка для работы с устройством расчета траекторий движения звеньев манипулятора, можно воспользоваться как этим устройством, так и программными расчетами.

- Манипулятор – вкладка для настройки параметров инициализации манипулятора и осуществления соединения с системой управления по СОМ-порту.

- Лазер – вкладка соединения программы с блоком управления лазером и настройки лазера.

Следующие 4 вкладки предназначены для работы с изображением, цифровой формой и траекториями перемещения манипулятора.

- Оптимизация – вкладка для расчетов траекторий движения манипулятора, выбора способа расчета (аппаратный с использованием LPC2103 или программный), выбор критериев оптимизации траекторий.

- Графики и статистика наглядно показывают результаты расчетов и оптимизации траекторий манипулятора.

- Редактор изображений – вкладка, в которой имеется возможность открывать файлы изображений и цифровых форм, а также широкий инструментарий для работы с ними.
- Вкладка симуляция предназначена для имитирования наглядного процесса гравировки изображения.

Перед тем как в первый раз приступить к работе, необходимо настроить параметры характеристик лазерного комплекса. Для этого во вкладке «Оптимизация» необходимо нажать кнопку «Установки манипулятора», в открывшемся окне необходимо установить значения радиусов дуг манипулятора для трех координат X, Y, Z , фокусное расстояние F и высоту стола манипулятора Dz .

Для соединения программы с оборудованием лазерного комплекса необходимо во вкладке «Манипулятор» выбрать номер СОМ-порта, к которому подключена система управления манипулятором и нажать «Соединить», затем произвести инициализацию манипулятора, для того чтобы он был готов к работе. Параметры инициализации можно настроить, нажав «Конфигурация», в открывшемся окне можно настроить скорость манипулятора и остальные параметры.

Для соединения программы с лазером необходимо во вкладке «Лазер» выбрать модель лазера, виртуальный лазер предназначен для ручной работы с лазером, при автоматической работе требуется выбрать модель лазера, поддерживаемую данной программой и нажать «Инициализировать», после чего лазер готов к работе.

Для дальнейшей работы в программе потребуется изображение для нанесения на поверхность изделия и цифровая форма этого изделия. Программа поддерживает формат печати для плоттеров PLT и растровые изображения BMP. Используя редактор *CorelDraw* или любой другой редактор векторной графики нужно нарисовать изображение (см. лабораторную работу 1) и сохранить в формате PLT. Цифровые формы изделий программа открывает в формате X, файлы этого формата предназначены для хранения трехмерных моделей. Нарисовать трехмерную модель можно в любом редакторе трехмерной графики (например, 3D-StudioMAX) и сохранить в формате X.

После того как имеется готовый файл изображения в формате PLT и файл цифровой формы изделия в формате X необходимо открыть их в программе во вкладке «Редактор изображений» (кнопки «Рисунок» и «Объект»). Нажав кнопку «3D-вид» можно посмотреть на рисунок и объект со всех сторон, используя манипуляторы ввода компьютера и подсказки (клавиша F1). В данной вкладке имеется много средств редактирования, для переключения редактирования изображения и объекта используется флаг «Рисунок/Объект» (рис. 6).

Далее необходимо установить размеры изображения и объекта (вкладка «Преобразования», кнопка «Изменить размер») а затем наложить изображение на объект и получить трехмерное векторное изображение (вкладка

«Сложные преобразования» кнопка «Наложение на поверхность»). Для совмещения изображение с началом координат необходимо воспользоваться секцией «Позиция» во вкладке «Преобразования».

После всех преобразований получается трехмерное векторное изображение, которое будет соответствовать реальному изображению на поверхности заготовки после гравировки с использованием лазерного комплекса.

Чтобы приступить к процессу гравировки потребуется:

1. Подготовить траектории движения звеньев ММ (вкладка «Оптимизация», кнопка «Получить все длины»), также можно наглядно их увидеть во вкладке «Графики», выбрав «Значения длин»;
2. Во вкладке «Манипулятор» нажать «Гравировка».

После этих шагов запустится процесс гравировки, можно использовать паузу во время гравировки для изменения параметров лазера.

- Тематические вкладки для настройки и работы с различными фазами обработки изображения на лазерном комплексе;
- Информация об изображении;
- Кнопки открытия файлов изображений и форм обрабатываемых изделий, просмотр в 3D- виде и сохранение измененных изображений;
- Вкладки редактора изображений, имеются возможности наложения изображений на различные формы изделий, изменение положения, размера, поворот на углы в разных плоскостях, интерполирование с целью сглаживания или увеличения узлов изображения, оптимизация последовательности гравировки с целью уменьшения времени обработки. Также есть возможность добавления, удаления и слияния нескольких фигур. Во вкладке «Анимация» можно создать отдельные кадры для просмотра анимированного изменения изображений, а также вкладка цвета, в которой можно настроить окраску изображения в 3D-виде.

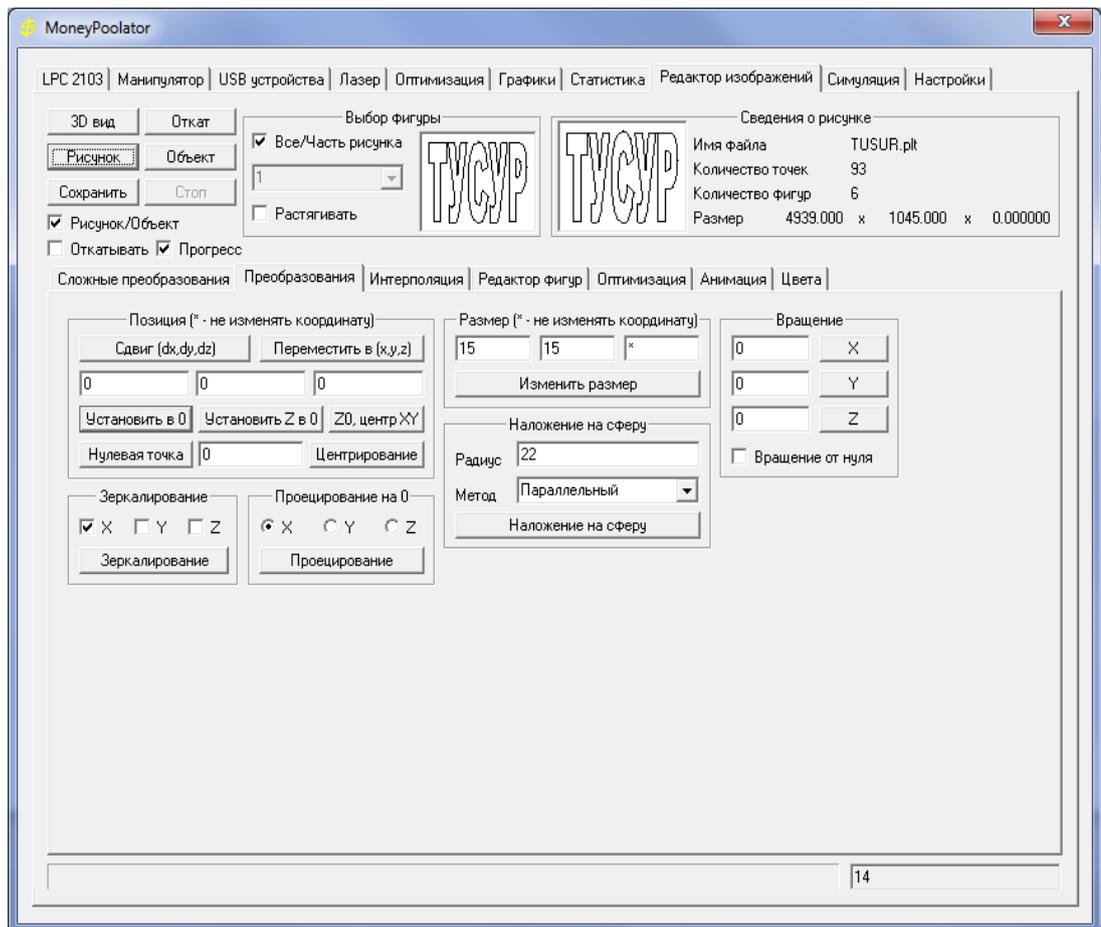


Рис. 6. Структура интерфейса программы для лазерного комплекса

6.2. Математика и особенности реализации

Т.к. манипулятор имеет 4 степени подвижности (рис. 7), а изображение на заготовке представлено трехмерными координатами, то возникает ситуация, когда одну и ту же точку на заготовке можно достигнуть перемещениями различных звеньев.

Выявлено 3 варианта достижения точек обрабатываемой траектории:

1. Поворот на угол α и β , регулировка высоты h под фокус лазера.
2. Поворот на угол γ до достижения плоскости α и поворот на угол α , $\beta=0$, регулировка высоты h под фокус лазера.
3. Поворот на угол γ до достижения плоскости β и поворот на угол β , $\alpha=0$, регулировка высоты h под фокус лазера.

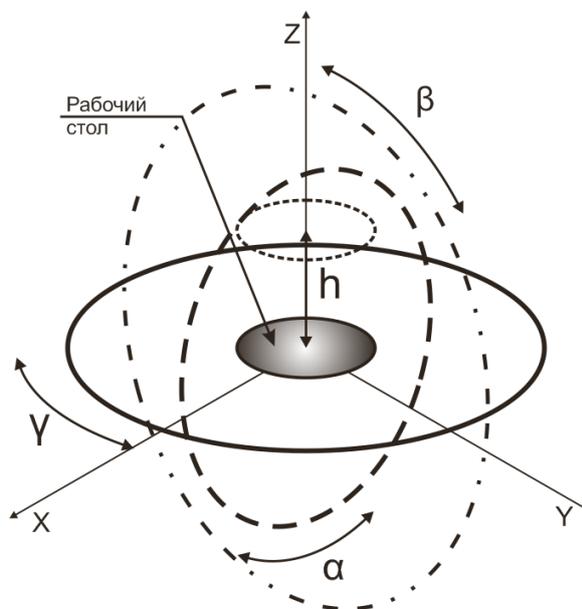


Рис. 7. Степени подвижности манипулятора

Перевод трехмерных координат векторного изображения в траектории движения звеньев ММ производится по следующим формулам (3 способа):

$$\begin{aligned}
 AX &= -a \sin\left(\frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}\right); & AY &= -a \cos\left(\frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}\right); & AZ &= -a \cos\left(\frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}\right); \\
 AY &= -a \sin\left(\frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}\right); & AZ &= -a \cos\left(\frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}}\right); & AZ &= -a \cos\left(\frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}}\right); \\
 DH &= F - \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}; & DH &= F - \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}; & DH &= F - \sqrt{x^2 + y^2 + z^2};
 \end{aligned}$$

где AX , AY , AZ – угловые значения положений двигателей, град; DH – положение линейного двигателя, для точки векторного изображения с координатами x, y, z , мм; F – фокусное расстояние лазера, мм.

Используя вышеприведенные формулы можно получить углы положения двигателей для любой точки изображения, далее для работы с системой управления потребуется перевести углы в значения линейного перемещения двигателей в микрометрах, для этого необходимо воспользоваться формулами перевода:

$$\begin{aligned}
 PX &= AX \cdot R_x \cdot 1000; \\
 PY &= AY \cdot R_y \cdot 1000; \\
 PZ &= AZ \cdot R_z \cdot 1000; \\
 PH &= DH \cdot 1000;
 \end{aligned}$$

где PX , PY , PZ и PH – значения линейного перемещения двигателей R_x , R_y , R_z – радиусы дуг ДЭМД, мм.

7. Порядок выполнения работы

1. Запустить программу программного обеспечения для лазерного комплекса.
2. Организовать соединение с LSMC-4 по COM-порту.
3. Включить блок управления и дождаться сообщения приветствия в поле «Получено».
4. Используя техническую документацию к системе управления LSMC-4 задать скорость движения 10 мм/с и ускорение 0.5 мм/с².
5. Произвести движение по часовой стрелке относительно текущей позиции на 40 мм.
6. Увеличить скорость на 50 мм/с и сохранить ее в память системы управления.
7. Вернуть электромагнитный обод в исходное состояние.
8. Проверить точность работы системы управления в разомкнутом состоянии при различных скоростях: задать движение на заданное расстояние, возвратить в исходное положение и замерить изменение в положениях.
9. Подготовить отчет о выполненной работе. Занести использованные команды, их назначение, единицы измерения. Упомянуть о точности работы системы управления в разомкнутом режиме.

8. Вопросы к защите лабораторной работы

- 8.1. Чем отличается абсолютное перемещение и относительное?
- 8.2. Назовите основные приоритеты команд.
- 8.3. Какие из команд формируют очередь?
- 8.4. Как узнать состояние очереди и определить возникновение ошибки?
- 8.5. Как получить данные о текущем положении и скорости?

Литература

1. ГОСТ 23413-79. Средства вторичного электропитания радиоэлектронной аппаратуры. Термины и определения.
2. Марти Браун. Источники питания. Расчет и конструирование: Пер. с англ. - С.Л. Попов / Марти Браун. – М.: МК-Пресс. – 2007. – 288 с.
3. Кацман, М. М. Лабораторные работы по электрическим машинам и электрическому приводу: Учебное пособие для студенческих учреждений среднего профессионального образования. / М.М. Кацман. - Академия. - 2004. – 256 с.
4. Сервоконтроллер LSMC [Электронный ресурс] Режим доступа к ресурсу: http://ruchservomotor.com/html/control_ru2.htm

ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ

Методические указания к лабораторным занятиям
по дисциплине **«Проблемы испытания электромехатронных систем»** для
магистрантов 6 курса, обучающихся по направлению
221000.68"Мехатроника и робототехника" по магистерской программе "Про-
ектирование и исследование мультикоординатных электромехатронных сис-
тем движения"

Составитель

Щербинин Сергей Васильевич

Подписано к печати

Формат 60x84/16. Бумага офсетная

Печать RISO. Усл.печ.л. Уч.-изд.л.

Тираж 50 экз. Заказ . Бесплатно